

integrated by improving the element \*line\* \*width\* accuracy.

SOLUTION: This method determines conditions of processing the lot to be processed, based on quality control data in the process of a few lots already processed during \*lithography\* of a semiconductor device. The weighted moving average of the regression coefficient D to convert the wire width to \*exposure\* is found, based on the weighted value. The weighted moving average of the algorithm to find a \*feedback\* value is obtained, based on this regression coefficient.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

13/7/3

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04622725 \*\*Image available\*\*

LASER MICROSCOPE AND PATTERN \*MEASURING\* METHOD

PUB. NO.: 06-294625 [JP 6294625 A]

PUBLISHED: October 21, 1994 (19941021)

INVENTOR(s): MORI TADAYOSHI

APPLICANT(s): ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD [000009] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 05-080977 [JP 9380977]

FILED: April 07, 1993 (19930407)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To provide means for \*measuring\*, in particular, the \*profile\* of the wall face of a \*resist\* pattern or the like formed as a protrusion on the surface of a wafer.

CONSTITUTION: In a laser microscope in which the surface of a sample 4 is irradiated with laser light 2 through an optical system 20 and the light reflected thereon is received in order to \*measure\* the dimensions and the profile of a pattern 13 formed thereon, a diaphragm mechanism 21 is built in the optical system. When the profile of the wall face of pattern is \*measured\*, the diaphragm mechanism is adjusted while fixing the focal point of the optical system to vary the depth of \*focus\* of the optical system the profile of the wall face is \*measured\* based on the accompanied variation of data.

13/7/4

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04091189 \*\*Image available\*\*

SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURE

PUB. NO.: 05-082889 [JP 5082889 A]

PUBLISHED: April 02, 1993 (19930402)

INVENTOR(s): ABE YUJI

APPLICANT(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP [000601] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-294625

(43) 公開日 平成6年(1994)10月21日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 B 11/24

F 9108-2F

G 0 2 B 21/00

7625-2K

審査請求 未請求 請求項の数 2 O.L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-80077

(22) 出願日 平成5年(1993)4月7日

(71) 出願人 000000009

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 森 忠儀

茨城県新治郡出島村大字加茂5236番地 石

川島播磨重工業株式会社土浦事業所内

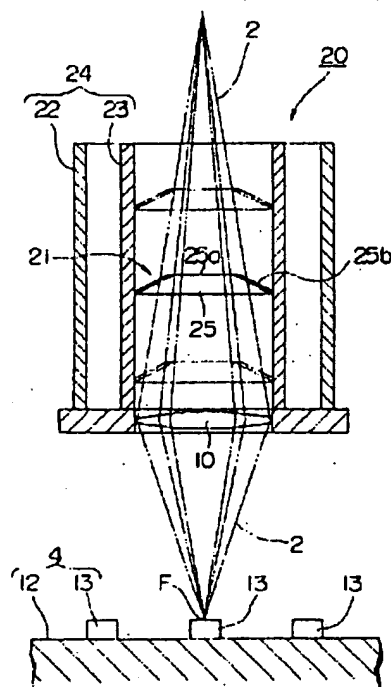
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 レーザ顕微鏡およびパターン形状測定方法

(57) 【要約】

【目的】 ウェハーの表面に凸部として形成されているレジスト等のパターンの特に壁面の形状を測定し得る手段を提供する。

【構成】 レーザ光2を光学系20を介して試料4表面に照射してその反射光を受光することにより、試料表面に形成されているパターン13の寸法や形状を測定し検査するためのレーザ顕微鏡において、光学系に絞り機構21を組み込む。パターンの壁面13aの形状を測定するに際しては、光学系の焦点を固定した状態で絞り機構を調節することにより、光学系の焦点深度を変化させ、それに伴うデータの変化の状況に基づいて壁面の形状を測定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を光学系を介して試料表面に照射してその反射光を受光することにより、試料表面に形成されているパターンの寸法や形状を測定し検査するために用いられるレーザ顕微鏡であって、前記光学系には試料に照射するレーザ光の光量を調節するための絞り機構が組み込まれてなることを特徴とするレーザ顕微鏡。

【請求項2】 請求項1に記載のレーザ顕微鏡を用いて試料表面に凸部として形成されているパターンの壁面の形状を測定するための方法であって、前記光学系の焦点を測定対象のパターンの所定箇所に固定し、その状態で前記絞り機構を調節することによってこの光学系の焦点深度を変化させつつ、試料にレーザ光を照射してその反射光を受光し、焦点深度が変化することに伴うデータの変化の状況に基づいて壁面の形状を測定することを特徴とするパターン形状測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ウェハー等の試料の表面に形成されているレジスト等のパターンの形状を測定し検査するために用いられるレーザ顕微鏡、およびそれを用いたパターン形状の測定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 周知のように、半導体集積回路の製造にあたっては、ウェハーやマスクあるいはレチクルに描かれた微細なパターンの線幅を計測したり、それらの重ね合わせ精度を検査する必要がある。従来においてはそのような計測、検査は光学顕微鏡を用いて行なっていたが、近年においては集積回路の高密度化によりパターンの一層の微細化が進展して線幅がサブミクロンの領域に及んでおり、このため、共焦点走査方式レーザ顕微鏡が光学顕微鏡に代って採用されるようになってきている。

【0003】 共焦点走査方式レーザ顕微鏡は、その原理図を図5(a)、(b)に示すように、レーザ発振器1から出射させたレーザ光2を光学系3を介して試料4に入射し、その反射光を光電子増倍管5で受光して増幅するようにしたものである。すなわち、レーザ光2をミラー6で反射させ、レンズ7で絞ってピンホール8を通した後、ビームスプリッタ9を透過させて対物レンズ10で収束させて試料4に照射するようにし、その表面で反射したレーザ光を上記ビームスプリッタ9で反射させ、ピンホール11を通して光電子増倍管5に入射させるようにしているのである。

【0004】 そのようなレーザ顕微鏡によって、たとえばウェハー12の表面に凸パターンとして形成されているレジスト13の線幅やそれらの間隔の計測を行なうには、(a)に示すように光学系3の焦点Fをウェハー12の表面の位置に合わせて固定したうえで、スキャンコントローラ14により試料4をX軸方向にスキャンさせながらY軸方向にゆっくりと移動させていく。すると、

(a)のようにビームスポットがウェハー12の表面(レジスト13の間)を通過しているときは反射光はすべてピンホール11を通過するので光電子増倍管5の出力は高くなるが、(b)のようにビームスポットがレジスト13の上面を通過しているときは反射光はピンホール11の位置でフォーカスせず、反射光の大部分がそのピンホール11により遮られるので光電子増倍管5の出力は小さくなる。したがって、スキャンコントローラ14によるスキャンに同期して光電子増倍管5の出力に応じた輝度をテレビモニタ15上に順次描いていくことによりレジスト13のパターンイメージ16がテレビモニタ15に写し出され、その画像に基づいてレジスト13の線幅や間隔の計測を自動的にかつ高精度で行なうことが可能である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、ウェハー12の表面に形成されるレジスト13は、図6に鎖線で示しているようにその壁面13aがウェハー12の表面から垂直に立上がる平坦面となっていることが理想的であるが、種々の制約条件により実際的には実線で示している如く壁面13aがある程度は傾斜してしまうとともに湾曲面となってしまうことが避けられないものである。そして、パターンの微細化の進展により、レジスト13の壁面13aの傾斜の程度や湾曲の程度が製品品質に大きな影響を及ぼすことから、壁面13aの形状を詳細に認識することが必要とされるようになってきているが、上記従来のレーザ顕微鏡ではレジスト13の線幅やその相互間隔がある程度の精度で測定できるが壁面13aの形状認識まではできるものではなく、そのようなことを可能ならしめる手段の開発が急務とされていた。

【0006】 本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、ウェハー等の基板の表面に形成されているレジスト等の微細なパターンの断面形状を測定し得るレーザ顕微鏡とその測定方法を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 請求項1に記載の発明は、レーザ光を光学系を介して試料表面に照射してその反射光を受光することにより、試料表面に形成されているパターンの寸法や形状を測定し検査するために用いられるレーザ顕微鏡であって、前記光学系には試料に照射するレーザ光の光量を調節するための絞り機構が組み込まれてなることを特徴とするものである。

【0008】 また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のレーザ顕微鏡を用いて試料表面に凸部として形成されているパターンの壁面の形状を測定するための方法であって、前記光学系の焦点を測定対象のパターンの所定箇所に固定し、その状態で前記絞り機構を調節することによってこの光学系の焦点深度を変化させつつ、試料にレーザ光を照射してその反射光を受光し、焦点深度が変化することに伴うデータの変化の状況に基づいて壁

3

面の形状を測定することを特徴とするものである。

【0009】

【作用】光学系に組み込んだ絞り機構を調節することにより、この光学系では焦点の合う範囲である焦点深度（被写界深度）が調節可能である。そして、焦点を固定したままで絞り機構により焦点深度を調節しつつ測定を行なうと、得られるデータは変化するが、その変化の状況は測定対象のパターンの壁面形状に対応するので、その変化の状況からパターンの壁面形状を測定する。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1および図2は本発明のレーザ顕微鏡において採用する光学系20の要部の概略構成図である。この光学系20は、図5の原理図に示した従来の光学系3に代えて用いられるもので、その光学系3に対して絞り機構21を付加した形態のものとされている。なお、従来のものと同一構成要素には同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0011】この光学系20においては、外筒22と内筒23からなる二重筒構造の胴部24の下端に対物レンズ10が取り付けられている。そして、内筒23の内部には絞りリング25が上下動自在すなわち対物レンズ10に対して離接自在に設けられ、内筒23と外筒22の間にはその絞りリング25を上下動させるための適宜の駆動機構（図示略）が設けられ、その駆動機構と絞りリング25とによって絞り機構21が構成されている。絞りリング25は円錐の頂部が切除された形態の笠形の形状をなすもので、その中心部にレーザ光2が通過する中心孔25aを有するとともにその上面25bは傾斜面となっている。

【0012】上記のような絞り機構21を組み込んだ光学系20にあっては、絞りリング25を上下動させて対物レンズ10との距離を調節することで、対物レンズ10へのレーザ光2の入射光量つまり試料4への照射光量を増減し得るものである。すなわち、対物レンズ10に入射するレーザ光2は図5から明らかなようにスリット8を透過してから下方に向かうにつれて照射範囲が拡大するような発散光であるから、絞りリング25を降下させて対物レンズ10に接近させるとレーザ光2の一部が絞りリング25の外周縁部により遮られてしまい、対物

レンズ10への入射光量が絞られるのである。したがって、この光学系20においては、絞り機構21の調節により対物レンズ10の開口数（NA値）を実効的に変化させることができ、その結果、この光学系20の焦点深度（被写界深度）を変化させることができ、一般の光学系と同様に大きく絞り込むほど焦点深度を拡大することができるものとなっている。

【0013】なお、絞りリング25を降下させて対物

10

レンズ10に最接近させた位置が最大絞り位置となることは勿論であるが、絞りリング25を一定位置以上に上昇

20

させるとレーザ光2は何等遮られることなくその全てが中心孔25aを通過して対物レンズ10に入射することになるので、その位置が絞り開放位置となる。また、絞りリング25により遮られたレーザ光2は、傾斜面となっている絞りリング25の上面25bにより内筒23の径方向外側に向けて反射されてしまうから、迷光として対物レンズ10に入射してしまうことが確実に防止されるようになっている。また、上記の光学系20は、従来のものと同様にその全体が上下動して試料4に対して離

30

接するようになっており、光学系20全体を上下動させることでこの光学系20の焦点Fの位置を試料4の所定位置に合わせることができるようになっている。

40

【0014】上記のような絞り機構21を組み込んだ光学系20を採用したレーザ顕微鏡にあっては、絞り機構21を調節して光学系20の焦点深度を変化させつつ測定を行なうことにより、図6に示したようなウェハー12の表面に形成されているレジスト13等の凸パターンの壁面13aの形状をも認識し得るものである。

【0015】その原理について図3を参照して説明する。ウェハー12の表面に凸部として形成されているレジスト13の壁面13aの形状を測定するに当たり、まず、光学系20全体の位置を調節してその焦点Fをレジスト13の上面の位置oに合わせて固定するとともに、その状態で絞りリング25を上昇させて絞りを開放する。この場合、光学系20の焦点深度は最小となるが、その焦点深度がaの位置であったとすると、o～aの範囲は焦点が完全に合った状態となり、したがって反射光により得られるデータからはレジスト13の線幅は焦点の合っている範囲すなわちAとして認識される。

【0016】次に、光学系20の焦点Fを上記の位置に固定したままで、絞りリング25をわずかに降下させて所定の絞り込みを行なうと、この光学系20の焦点深度は自ずと深くなり、その位置がbの位置になったとする。この場合、o～bの位置までは完全に焦点が合っている

できるから、上記のように絞りリング25を所定のピッチで段階的に移動させて焦点深度を段階的に変化させていきつつ、各焦点深度の位置におけるレジスト13の線幅をそれぞれ求めていくことで、線幅の変化の状況からレジスト13の壁面13aの傾斜の程度やその湾曲の程度を知ることができるのである。

【0019】なお、上記では焦点位置を固定したままで絞りを開放状態から最大絞り状態まで段階的に変化させる場合について説明したが、逆に最大に絞った状態から漸次開放していくようにしても同様である。また、より精度を高めるために、焦点位置を変えて同様の手順を繰り返すようにすることが好ましい。たとえば、上記のように焦点Fをレジスト13の上面の位置に合わせて測定を行なったら、焦点Fをウェハ12の表面の位置(レジスト13の底面の位置)に合わせて同様の測定を繰り返し、得られた双方のデータを補完すると良い。勿論、必要に応じて焦点Fの位置をさらに他の位置(たとえばレジスト13の上面と底面との中間位置)に変化させて測定を多数回にわたって繰り返しても良い。

【0020】図4は焦点位置を変化させて測定を繰り返して行なう場合の作業手順の一例を示すフローチャートである。この場合、まず焦点Fを任意の位置たとえば上記のようにレジスト13の上面に合わせ(S1)、絞りリング25を開放位置にまで上昇させる(S2)。その状態で試料4をスキャンして絞り開放状態におけるレジスト13の線幅データを収集して記憶し(S3)、続いて1段階の絞り込みを行ない(S4)、その状態で試料4を再びスキャンして1段階絞った状態における線幅データをさらに収集する(S3)。段階的な絞り込みとそれぞれの状態におけるデータ収集を最大絞りとなるまで繰り返す、最大絞りとなったら(S5)、その焦点位置における測定を終了する。続いて、焦点位置を変更(S6)し、絞りを再び開放(S2)した後、上記手順を繰り返してその焦点位置におけるデータを収集し(S3、S4)、所定回数の測定が終了(S7)したら、上記で収集したデータを処理してレジスト13の断面形状を演算し(S8)、その結果を図形化あるいは数値化して出力する(S9)。

【0021】なお、絞り機構の具体的な構成は上記実施例に限定されるものではなく、たとえば中心孔の径寸法

を可変とした絞りリングを採用しても勿論良く、その場合は絞りリングを対物レンズに対して離接させる必要はない。また、絞りを細かく多段階にわたって変化させるほど高精度が得られるから、絞りを段階的にではなく連続的に変化させつつ連続測定を行なうことも考えられる。さらに、本発明はウェハに形成されたレジストの壁面形状の測定や検査に適用されるのみならず、同様の形態の試料全般に対して広く適用できるものであることはいふまでもない。

10 【0022】

【発明の効果】以上で説明したように、請求項1の発明のレーザ顕微鏡は、光学系に絞り機構を組み込んだ構成であるから、絞り機構によって光学系の焦点深度を自由に調節することが可能であり、また、請求項2に記載のパターン形状測定方法は、上記のレーザ顕微鏡を用いて絞り機構により焦点深度を変化させつつ測定を行なうので、従来は測定が不可能であったパターンの壁面形状等を精度良く測定することが可能であり、その結果、集積回路等の製品の品質向上に寄与できるものである。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるレーザ顕微鏡における光学系の要部側断面図である。

【図2】同、分解斜視図である。

【図3】同レーザ顕微鏡による壁面形状の測定原理を示す図である。

【図4】同レーザ顕微鏡の測定手順の一例を示すフローチャートである。

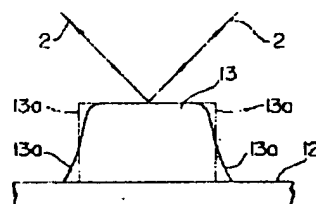
【図5】従来の共焦点走査方式レーザ顕微鏡の原理図である。

30 【図6】ウェハの表面に形成されたレジストの形状例を示す図である。

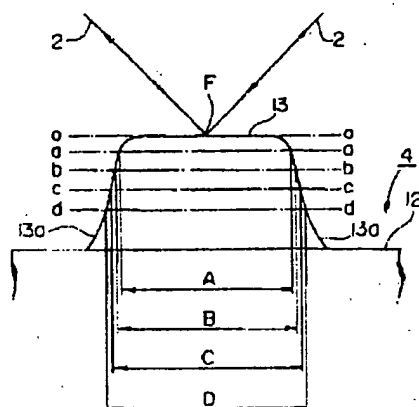
【符号の説明】

- 2 レーザ光
- 4 試料
- 12 ウェハ
- 13 レジスト(パターン)
- 13a 壁面
- 20 光学系
- 21 絞り機構
- 40 25 絞りリング。

【図6】



【図 3】



【例5】



【図4】

